

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 32 14 544 A 1

51 Int. Cl. 3:  
G 02 B 13/04  
G 02 B 9/10  
G 02 B 23/00  
A 61 B 1/00

21 Aktenzeichen:  
22 Anmeldetag:  
43 Offenlegungstag:

P 32 14 544.6-51  
20. 4. 82  
11. 11. 82

30 Unionspriorität: 32 33 31  
21.04.81 JP P59964-81

71 Anmelder:  
Fuji Photo Optical Co., Ltd., Omiya, Saitama, JP

74 Vertreter:  
Kador, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Klunker, H., Dipl.-Ing.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

72 Erfinder:  
Doi, Yoshikazu, Omiya, Saitama, JP; Sunaga, Yasumasa,  
Iwatsuki, Saitama, JP; Miyano, Hitoshi, Omiya, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Optisches System für ein Endoskop

Ein optisches Objektsystem vom Retrofokus-Typ für Endoskope, bestehend aus einer vorderen negativen Linsengruppe (L1) und einer hinteren positiven Linsengruppe (L2), die vor einem optischen System für Bildübertragung, wie einem optischen Faserbündel od.dgl., angeordnet sind, hat eine asphärische Fläche in mindestens einer Fläche (R<sub>4</sub>; R<sub>7</sub>) unter den Flächen des optischen Systems. Ferner sind die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$0,8 < |f_1| / f \leq 2,5 \text{ und}$$

$$1 < f_2 / f \leq 1,5,$$

wobei f die Brennweite des ganzen optischen Systems ist, f<sub>1</sub> die Brennweite der vorderen Linsengruppe (L1) ist, und f<sub>2</sub> die Brennweite der hinteren Linsengruppe (L2) ist. (32 14 544)

DE 32 14 544 A 1

DE 32 14 544 A 1

20.04.88

3214544  
PATENTANWÄLTE  
DR. KADOR & DR. KLUNKER

---

Anwaltsakte K 14 064/3WW/j

Fuji Photo Optical Co., Ltd.  
1-324 Uetake-machi, Ohmiya-shi,  
Saitama-ken / JAPAN

---

Optisches System für ein Endoskop

---

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Optisches Objektivsystem für ein Endoskop der Retrofokusart, bestehend aus einer vorderen negativen Linsengruppe und einer hinteren positiven Linsengruppe, die vor einem optischen System für Bildübertragung angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Fläche ( $R_4$ ;  $R_7$ ) des optischen Systems asphärisch ist und die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$0,8 < |f_1| / f \leq 2,5 \text{ und} \\ 1 < f_2 / f \leq 1,5 ,$$

20.04.82

3214544

- 2 -

wo  $f$  die Brennweite des ganzen optischen Systems ist,  $f_1$  die Brennweite der vorderen Linsengruppe ( $L_1$ ) ist, und  $f_2$  die der hinteren Linsengruppe ( $L_2$ ) ist.

2. Optisches Objektivsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aperturblende (S) zwischen der vorderen Linsengruppe ( $L_1$ ) und der hinteren Linsengruppe ( $L_2$ ) angeordnet ist.

- 3 -

20.04.82

3214544

- 3 -

Anwaltsakte K 14 064

### B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung betrifft ein optisches System für ein Endoskop, und insbesondere ein optisches System für das Objektiv eines Endoskops, das einen verringerten Durchmesser hat.

Neuerdings wird, um ein großes Gesichtsfeld in einem Endoskop zu erhalten, vom Objektiv des Endoskops gewünscht, daß es einen großen Bildwinkel hat. Insbesondere, um ein großes Gesichtsfeld beim Betrachten des Inneren eines menschlichen Körpers zu erhalten, ist der Bildwinkel des Objektivs eines Endoskops erweitert bzw. vergrößert worden. Jedoch führt die Erweiterung des Bildwinkels des Objektivs zu einem Anwachsen seines Durchmessers. Das Anwachsen oder Vergrößern des äußeren Durchmessers des Objektivs führt zu Schmerzen bei den Patienten, wenn das Endoskop in die Körperhöhle des menschlichen Körpers eingeführt wird, und ist dementsprechend nicht erwünscht.

Im Hinblick auf die oben beschriebenen Umstände schafft die Erfindung ein optisches System für ein Objektiv eines Endoskops, das einen großen Bildwinkel, jedoch einen kleinen Durchmesser hat.

Das optische System für das Objektiv eines Endoskops ist dadurch gekennzeichnet, daß eine asphärische Fläche in das optische System eingeführt wird. Insbesondere ist das Objektiv- oder Linsensystem gemäß der Erfindung ein Objektiv vom Retrofokus-Typ für ein Endoskop, in dem mindestens eine seiner Flächen asphärisch ist und die folgenden Formeln erfüllt sind:

- 4 -

$$0,8 < |f_1|/f \leq 2,5 \quad , \text{ und} \\ 1 < f_2/f \leq 1,5 \quad ,$$

wo  $f$  eine zusammengesetzte Brennweite ist,  $f_1$  eine Brennweite der vorderen Gruppe ist, und  $f_2$  eine Brennweite der hinteren Gruppe ist.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen, auf die wegen ihrer großen Klarheit und Übersichtlichkeit bezüglich der Offenbarung ausdrücklich verwiesen wird, noch näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1      eine Darstellung des Linsensystems des Objektivs gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, in Längsrichtung;
- Fig. 2      eine Darstellung des Linsensystems des Objektivs gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung, in Längsrichtung;
- Fig. 3      eine erläuternde Darstellung eines Linsensystems, um das Prinzip der Erfindung zu erläutern;
- Fig. 4A     eine Kurve, die die Korrektur für sphärische Aberration des in Fig. 1 und 2 gezeigten Linsensystems darstellt, wo das optische System nur aus sphärischen Flächen zusammengesetzt ist;
- Fig. 4B     eine Kurve, die die Korrektur für Krümmung bzw. Wölbung des in Fig. 1 und 2 gezeigten Linsensystems darstellt, wo das optische System nur aus sphärischen Flächen zusammengesetzt ist;

Fig. 4C eine Kurve, die die Korrektur für Verzeichnung des in Fig. 1 und 2 gezeigten Linsensystems darstellt, wo das optische System nur aus sphärischen Flächen zusammengesetzt ist; und

Fig. 5A, 5B und 5C den Fig. 4A, 4B und 4C entsprechende Kurven des Linsensystems gemäß der Erfindung, in dem mindestens eine seiner Flächen asphärisch ist.:

Das retrofokusartige Linsensystem des Objektivs gemäß der Erfindung wird nachfolgend im einzelnen beschrieben. Es sollte klar sein, daß sich die hier verwendeten Ausdrücke "vorne" und "hinten" gemäß der herkömmlichen Übereinkunft auf die Seiten des Objektivs, die jeweils näher an und weiter von der längeren Konjugierten, d.h. dem längeren optischen Weg bzw. der Objektseite, sind, beziehen.

Bezugnehmend auf Fig. 1, die eine Ausführungsform der Erfindung zeigt, sind eine vordere negative Teillinse G1, eine Aperturblende S, eine positive Linse G2 und eine positive Linse G3, wobei die zwei positiven Linsen G2 und G3 ein hinteres Bauteil bzw. Glied bilden, in dieser Reihenfolge von vorne nach hinten, um ein retrofokusartiges Objektiv zu bilden, angeordnet.

Unter den obigen Linsen ist die hintere Fläche R4 der hinteren Linse G3 des hinteren Bauteils in eine asphärische Fläche gebildet. Die vordere Teillinse G1 dient auch als Frontglas des Endoskops. Die Ebene P' ist eine Einstellebene, in der die Endfläche eines optischen Faserbündels oder ein Bildübertragungselement mit einer dazu äquivalenten Funktion angeordnet ist. Weiterhin können das vordere, aus der vorderen Linse G1 bestehende, Linsenbauteil bzw. Objektivglied L1 und

das hintere, aus den zwei hinteren Linsen G2 und G3 bestehende, Linsenbauteil bzw. Objektivglied L2 in eine größere Anzahl von Linsen weiter aufgeteilt sein.

In Fig. 2, die eine andere Ausführungsform der Erfindung zeigt, sind zwischen dem vorderen Objektivteil G1 und den hinteren Objektivteilen G3 bis G6 ein Reflexionsprisma G2 und eine Aperturblende S angebracht. In diesem optischen System ist die hintere Fläche R7 einer der hinteren Objektivglied-Linsen G5 in eine asphärische Fläche gebildet.

Da das Objektiv für ein Endoskop ein telezentrisches optisches System ist, ist es erwünscht, daß seine Aperturblende am vorderseitigen Brennpunkt  $F_2$  des dahinter angeordneten optischen Systems angeordnet ist, ohne Rücksicht auf die Zusammensetzung des Linsensystems. In dem Fall, wo das Objektivlinsensystem ein zweigliedriges System, wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, ist, ist die Aperturblende zwischen dem vorderen Objektivglied L1 und dem hinteren Objektivglied L2 angebracht.

Nun wird das Objektivlinsensystem gemäß der Erfindung in weiteren Einzelheiten unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben. Im allgemeinen wird die zusammengesetzte Brennweite  $f$  eines Objektivlinsensystems der zweigliedrigen Art durch die folgende Formel dargestellt:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

worin  $f_1$  die Brennweite des vorderen Objektivgliedes ist,  $f_2$  die Brennweite des hinteren Objektivgliedes ist, und  $d$  der Abstand zwischen den Hauptpunkten der vorderen und hin-

teren Objektivglieder ist.

Andererseits wird die folgende Formel aus Fig. 3 gewonnen:

$$|f_1| |\beta| = f \quad \dots\dots\dots (2)$$

worin  $\beta$  die Einstellvergrößerung des Objektivgliedes hinter dem vorderen Objektivglied ist,  $f_1$  die Brennweite des vorderen Objektivgliedes ist, und  $f$  die Brennweite des ganzen Linsensystems.

Wo der Abstand zwischen dem hinteren Hauptpunkt  $H_1'$  des vorderen Objektivgliedes  $L_1$  und dem vorderen Brennpunkt  $F_2$  des hinteren Objektivgliedes  $L_2$   $e$  ist ( $e > 0$ ), wird der Abstand  $e$  durch die folgende Formel dargestellt:

$$e = \frac{f_2}{|\beta|} - |f_1| = |f_1| \left( \frac{f_2}{f} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

Aus den Formeln (2) und (3) wird der äußere Durchmesser  $\phi_1$  des vorderen Objektivgliedes  $L_1$  durch die Formel dargestellt:

$$\phi_1 = 2 \frac{h}{f_2} e = 2h \frac{|f_1|}{f} \left( 1 - \frac{f}{f_2} \right) \quad \dots\dots\dots (4).$$

In der Formel (4) ist  $h$  die Größe des scharf eingestellten Bildrahmens. Da die Bildrahmengröße  $h$  im Voraus festgelegt ist, ist der Faktor, der den äußeren Durchmesser  $\phi_1$  des vorderen Objektivgliedes bestimmt,  $|f_1|/f$  und  $f/f_2$ . Um den äußeren Durchmesser  $\phi_1$  des vorderen Objektivgliedes zu verringern, ist es deshalb erwünscht, daß  $|f_1|/f$  so klein wie möglich ist. Wie aus der Formel (2) ersichtlich ist, wird jedoch, wenn  $|f_1|/f$  verringert wird,  $|\beta|$  im umgekehrten Verhältnis dazu vergrößert. Dies bedeutet, daß die



ganze Länge  $D$  des Objektivlinsensystems lang wird. Deshalb ist es unmöglich  $|f_1|/f$  unendlich klein zu machen.

Da es eine Grenze für den äußeren Durchmesser gibt, wenn die ganze Länge so groß gemacht wird, wird es ferner unmöglich, eine ausreichende Menge an Randlicht zu erhalten, was nicht erwünscht ist.

Basierend auf dem obigen Grund ist es bevorzugt, daß die untere Grenze für  $|f_1|/f$  0,8 ist. Andererseits, um den äußeren Durchmesser nicht so groß zu machen, ist es bevorzugt,  $|f_1|/f$  nicht größer als 2,5 zu machen. Folglich ist die erste Bedingung zum Kleinhalten des äußeren Durchmessers  $\phi_1$  des vorderen Objektivgliedes  $0,8 < f_1/f \leq 2,5$ .

Weiterhin, um den äußeren Durchmesser  $\phi_1$  des vorderen Objektivgliedes so klein wie möglich zu machen, ist es erwünscht,  $f/f_2$  so groß wie möglich und entsprechend  $f_2/f$  so klein wie möglich zu machen.

Aus der Formel (3) ergibt sich jedoch eine Bedingung  $1 < f_2/f$ . Andererseits, um den äußeren Durchmesser  $\phi_1$  klein und die Gesamtlänge  $D$  des Objektivlinsensystems kurz zu halten, ist es erwünscht,  $f_2/f$  nicht größer als 1,5 zu machen, d.h.  $f_2/f \leq 1,5$ . Deshalb gilt als zweite Bedingung zum Kleinhalten des äußeren Durchmessers  $\phi_1$  des vorderen Objektivgliedes  $1 < f_2/f \leq 1,5$ .

Jedoch, unter den Bedingungen der obigen zwei Formeln, wenn alle Flächen des optischen Systems sphärisch sind, ist die Objektivleistung sehr schlecht, da  $|f_1|/f$  und  $f_2/f$  klein

Insbesondere wird die Verzeichnung und die Wölbung der Bildebene weniger korrigiert und das durch das Endoskop gesehene Bild ist schwer zu sehen, was die Diagnose durch das Endoskop beeinflusst und die geeignete Behandlung schwierig macht. Es wird als möglich erachtet, das vordere Linsensystem L1 und das hintere Linsensystem L2 in eine Mehrzahl von Gliedern aufzuteilen, um Abbildungsfehler zu korrigieren. Jedoch macht es den Objektivaufbau kompliziert und verstößt gegen die gewünschte Kompaktheit des Objektivlinsensystems.

Im Hinblick auf das obige Problem wird in der Erfindung der äußere Durchmesser  $\varnothing_1$  des vorderen Objektivgliedes sehr verringert, wobei sein Aufbau vergleichsweise einfach ist und wobei die oben genannten Abbildungsfehler gut korrigiert sind, was schwierig war, durch asphärisches Ausbilden mindestens einer Fläche des hinteren Linsensystems L2.

Nun wird die in der Erfindung verwendete asphärische Fläche im einzelnen beschrieben. Die Form der asphärischen Fläche wird z.B. durch die folgende Formel dargestellt:

$$z = \frac{cy^2}{1 + (1 - kc^2 y^2)^{1/2}} + \sum_{i=1}^n a_i y^{2i} \dots\dots\dots (5)$$

worin c: Krümmung von standard-sphärischer Fläche  
 k: Parameter für zweite gekrümmte Fläche  
 y: Höhe von der optischen Achse aus  
 $a_i$ : asphärischer Flächenkoeffizient.

In Fig. 1, die die erste Ausführungsform der Erfindung zeigt, hat  $R_4$  die auf der Formel (5) basierende asphärische Fläche, und die anderen Flächen  $R_1$ - $R_3$  und  $R_5$ - $R_6$  sind alle sphärisch. In der in Fig. 2 gezeigten zweiten Ausführungsform ist  $R_7$  die asphärische Fläche und die anderen Flächen  $R_1$ - $R_6$  und  $R_8$ - $R_9$  sind sphärisch.

Vom Standpunkt der Korrektur des Abbildungsfehlers aus ist es in der vorliegenden Erfindung wünschenswert, daß der Parameter k im Bereich von 0,2 bis 0,85 liegt. In der ersten Ausführungsform ist der Parameter 0,6, d.h.  $k = 0,6$ .

Fig. 4A, 4B und 4C zeigen die Korrektur von Abbildungsfehlern, die durch das sphärische optische System, das die besagten zwei Bedingungen erfüllt, bewirkt werden, und Fig. 5A, 5B und 5C zeigen die entsprechenden durch die erste Ausführungsform korrigierten Abbildungsfehler.

Wenn man die beiden Abbildungsfehlerkurven miteinander vergleicht, ist es ersichtlich, daß die Bildebenenwölbung, der Abbildungsfehler der Verzeichnung oder Verzerrung und die sphärische Aberration, die in dem sphärischen opti-

20.04.82

3214544

- 11 -

schen System schlecht korrigiert sind, in der Erfindung gut korrigiert sind. Die Verzeichnung wird aufgrund einer Formel von  $f\theta = h$ , worin  $f$  die Brennweite des ganzen Systems ist,  $\theta$  der Einfallswinkel ist und  $h$  die Größe des Bildes ist, dargestellt.

In der oben beschriebenen Ausführungsform ist die asphärische Fläche im hinteren Linsensystem, sie kann jedoch im vorderen Linsensystem zum Erzielen der gleichen Ergebnisse sein.

Weiter ist der äußere Durchmesser  $\phi_2$  des hinteren Linsensystems  $L_2$  gewöhnlich kleiner als der äußere Durchmesser des vorderen Linsensystems  $L_1$  und wird entsprechend der Größe des scharf eingestellten Bildes des optischen Systems ohne Rücksicht auf besagte  $|f_1|/f$  oder  $f_2/f$  bestimmt, wegen des optischen Systemaufbaus des telezentrischen optischen Systems.

Nummer:  
 Int. Cl.<sup>3</sup>:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

32 14 544  
 G 02 B 13/04  
 20. April 1982  
 11. November 1982

FIG. 1

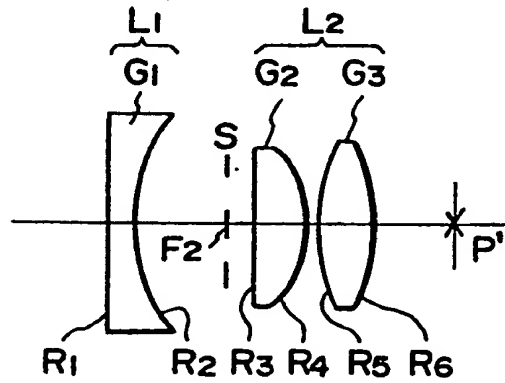


FIG. 2

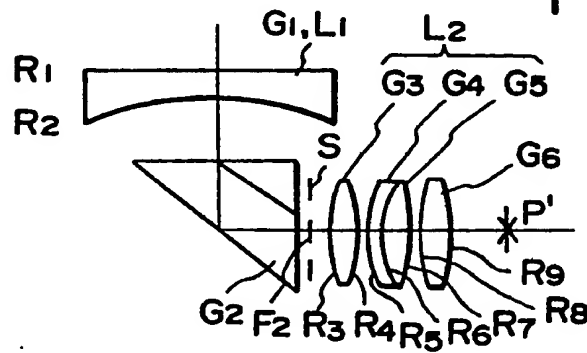


FIG. 3

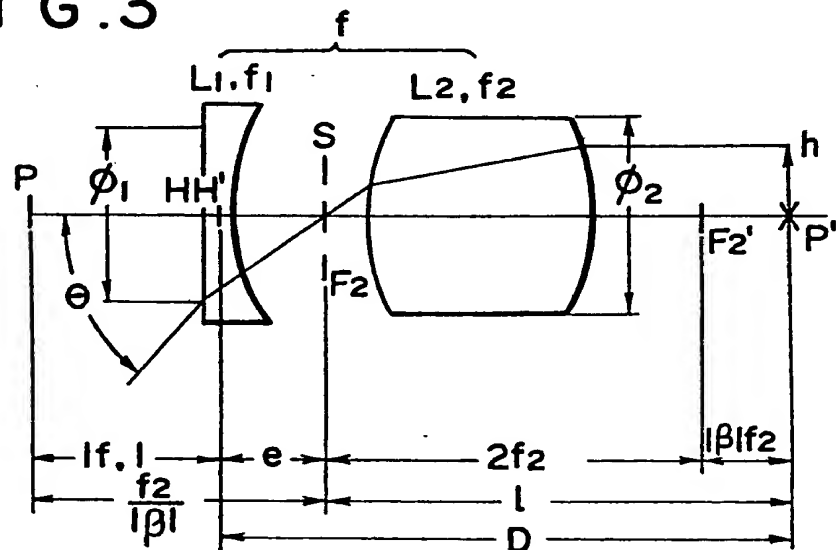


FIG.4A

FIG.4B

FIG.4C

SPHÄRISCHE  
ABERRATION

WÖLBUNG

VERZEICHNUNG

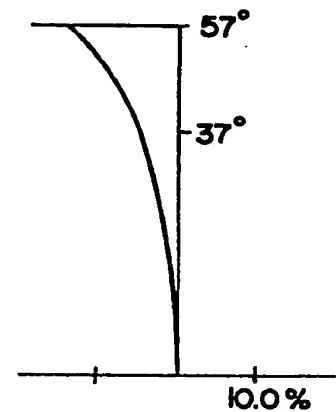
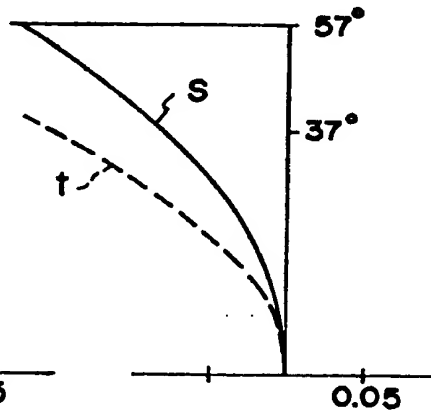
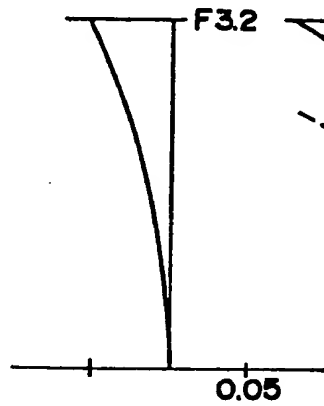


FIG.5A

FIG.5B

FIG.5C

SPHÄRISCHE  
ABERRATION

WÖLBUNG

VERZEICHNUNG

